

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-318617

(43)Date of publication of application : 31.10.2002

(51)Int.Cl.

G05B 23/02
G05B 19/418
G06F 17/60
H01L 21/02

(21)Application number : 2001-122621

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD
MIYAZAKI OKI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 20.04.2001

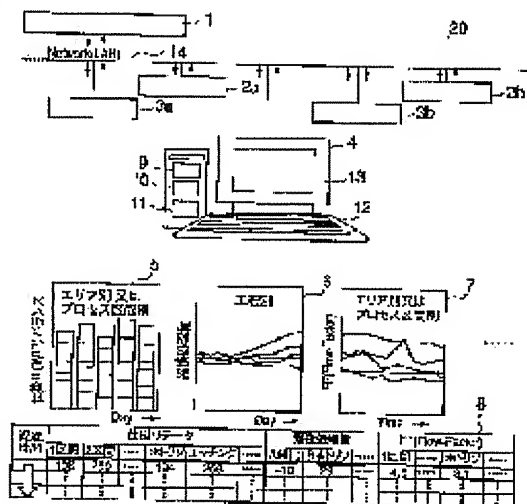
(72)Inventor : HAYASHI SHUNJI

(54) MANAGEMENT METHOD FOR MANUFACTURE PROCESS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a management method capable of accurately judging any abnormal state in a manufacture process.

SOLUTION: In this management method, the data of a plurality of manufacture management parameters under the normal state of a manufacture process are sampled so that first sampling data can be prepared, and a Mahalanobis space for the respective manufacture management parameters is prepared based on the first sampling data, and the data of those manufacture management parameters at the time of operating the manufacture process are sampled in a prescribed cycle so that second sampling data can be prepared. Then, a Mahalanobis distance is calculated from the Mahalanobis space and the second sampling data, and the Mahalanobis distance is compared with a prescribed value so that whether or not the manufacture process is an abnormal state can be judged.



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の工程を含む製造工程の正常状態下における複数の製造管理パラメータのデータをサンプリングし、第1のサンプリングデータを準備し、

前記第1のサンプリングデータに基づいて前記複数の製造管理パラメータのマハラノビス空間を作成し、

前記製造工程の稼動時における前記複数の製造管理パラメータのデータを所定の周期でサンプリングし、第2のサンプリングデータを準備し、

前記マハラノビス空間および前記第2のサンプリングデータからマハラノビス距離を算出し、

前記マハラノビス距離と所定値とを比較することにより、前記製造工程が異常状態であるか否かを判定することを特徴とする製造工程のための管理方法。

【請求項2】 前記マハラノビス空間は、前記複数のサンプリングデータの相関行列の逆行列により求めることを特徴とする請求項1記載の製造工程のための管理方法。

【請求項3】 前記製造工程のための管理方法は、さらに、

前記マハラノビス距離の算出後、

前記複数の製造管理パラメータ毎に前記マハラノビス空間の平均値に対する変位量を算出し、

前記複数の製造管理パラメータ毎の前記変位量から、前記製造工程における前記複数の工程の前記異常状態に対する影響度をそれぞれ判定することを特徴とする請求項1記載の製造工程のための管理方法。

【請求項4】 前記製造工程のための管理方法により管理される情報は、ローカルエリアネットワークを経由してホストコンピュータに保存されるとともに、イントラネットを介して複数のサーバからアクセス可能にすることを特徴とする請求項1記載の製造工程のための管理方法。

【請求項5】 複数の工程を含む製造工程の正常状態下における複数の製造管理パラメータのデータをサンプリングし、第1のサンプリングデータを準備し、

前記第1のサンプリングデータに基づいて前記複数の製造管理パラメータのマハラノビス空間を作成し、

前記製造工程の稼動時における前記複数の製造管理パラメータのデータを所定の周期でサンプリングし、第2のサンプリングデータを準備し、

前記マハラノビス空間および前記第2のサンプリングデータから第1のマハラノビス距離を算出し、

前記複数の製造管理パラメータの中から任意の組合せパラメータデータ群を作成し、

前記マハラノビス空間および前記任意の組合せパラメータデータ群から第2のマハラノビス距離を算出し、

前記第1のマハラノビス距離に対する前記第2のマハラノビス距離の変位量から、前記製造工程における前記複数の工程それぞれの異常状態に対する影響度を判定する

ことを特徴とする製造工程のための管理方法。

【請求項6】 前記製造工程のための管理方法により管理される情報は、ネットワークを経由してホストコンピュータに保存されるとともに、イントラネットを介して複数のサーバからアクセス可能にすることを特徴とする請求項5記載の製造工程のための管理方法。

【請求項7】 複数の工程を含む製造工程の複数の製造管理パラメータの理想データおよび前記理想データの許容範囲を設定し、

前記理想データの許容範囲内で乱数を発生し、前記乱数に基づいて前記複数の製造管理パラメータ毎のマハラノビス空間を作成し、

前記製造工程の稼動時における前記複数の製造管理パラメータのデータを所定の周期でサンプリングし、サンプリングデータを準備し、

前記マハラノビス空間および前記サンプリングデータからマハラノビス距離を算出し、

前記マハラノビス距離と所定値とを比較することにより、前記製造工程の理想状態との乖離度を判定することを特徴とする製造工程のための管理方法。

【請求項8】 前記マハラノビス空間は、前記複数のサンプリングデータの相関行列の逆行列により求めることを特徴とする請求項7記載の製造工程のための管理方法。

【請求項9】 前記製造工程のための管理方法は、さらに、

前記マハラノビス距離の算出後、前記複数の製造管理パラメータ毎に前記マハラノビス空間の平均値に対する変位量を算出し、

前記複数の製造管理パラメータ毎の前記変位量から、前記製造工程における前記複数の工程それぞれの前記異常状態に対する影響度を判定することを特徴とする請求項7記載の製造工程のための管理方法。

【請求項10】 前記製造工程のための管理方法により管理される情報は、

ローカルエリアネットワークを経由してホストコンピュータに保存されるとともに、イントラネットを介して複数のサーバからアクセス可能にすることを特徴とする請求項7記載の製造工程のための管理方法。

【請求項11】 複数の工程を含む製造工程の複数の製造管理パラメータの理想データおよび前記理想データの許容範囲を設定し、

前記理想データの許容範囲内で乱数を発生し、前記乱数に基づいて前記複数の製造管理パラメータ毎のマハラノビス空間を作成し、

前記製造工程の稼動時における前記複数の製造管理パラメータのデータを所定の周期でサンプリングし、サンプリングデータを準備し、

前記マハラノビス空間および前記サンプリングデータから第1のマハラノビス距離を算出し、

前記複数の製造管理パラメータの中から任意の組合せパラメータデータ群を作成し、

前記マハラノビス空間および前記任意の組合せパラメータデータ群から第2のマハラノビス距離を算出し、

前記第1のマハラノビス距離に対する前記第2のマハラノビス距離の変位量から、前記製造工程における前記複数の工程それぞれの理想状態に対する影響度を判定することを特徴とする製造工程のための管理方法。

【請求項12】 前記製造工程のための管理方法により管理される情報は、ローカルエリアネットワークを経由してホストコンピュータに保存されるとともに、イントラネットを介して複数のサーバからアクセス可能にすることを特徴とする請求項12記載の製造工程のための管理方法。

【請求項13】 製造工程における複数の工程の稼動状態をそれぞれモニタリングし、
前記モニタリングにより異常状態を検出した時、
前記異常状態にある工程およびそれ以降の工程毎に、複数の製造管理パラメータの設定値データから危険度レベルを算出し、
前記製造工程における前記複数の工程それぞれの前記危険度レベルに応じて、対処すべき工程の優先順位を判定することを特徴とする製造工程のための管理方法。

【請求項14】 前記製造工程のための管理方法により管理される情報は、ローカルエリアネットワークを経由してホストコンピュータに保存されるとともに、イントラネットを介して複数のサーバからアクセス可能にすることを特徴とする請求項13記載の製造工程のための管理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、製造工程のための管理方法に関し、特に、ウエハプロセス（WP）、テストプロセス（TP）、組立てプロセス（AP）を含む半導体製造工程のための管理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、一般的な製造工程では、製造部門の管理者（課長、係長、主任、リーダー等）による様々な管理と状況判断、そして、それらに基づいた指示命令を行うという管理方法が採用されている。また、各管理データに基づいて作成されたグラフや帳票をLAN（Local Area Network）を経由して自動的に出力するという管理システムが構築されている。具体的な管理項目としては、次に挙げる項目がある。

【0003】

- a. 複数の区間からなる製造工程の区間別仕掛かり管理
- b. 各製造工程のエリア別仕掛かり管理
- c. 区間やエリアのスピード管理
- d. 各製造工程の処理実績管理
- e. 各種トラブルやメンテナンスの状況把握。

【0004】一方、マクロ的な多次元空間解析（多変量解析）の代表的な1つであるマハラノビス距離を利用し、半導体装置の異常を迅速に検出するための管理方法や管理システムが発明者により提案されている（特開2000-114130）。マクロ的な多次元空間解析（多変量解析）には、マハラノビス距離、k近隣法、ベイズの決定境界、判別分析、ウォード法、ユークリッド距離、市街地距離、最遠隣法、最近隣法、重心法、平均法等がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の製造工程における管理方法および管理システムでは、管理しなければならないグラフや帳票が多すぎるため、それらに基づいて生産の判断（搬入や搬出のタイミング、処理量）をすることは非常に困難でるとともに、多大なる工数を必要とする。また、生産の判断は管理者の経験に依存する部分が多くなるため、管理者のスキルレベルによってバラツキが起ってしまう。

【0006】さらに、各管理項目（パラメータ）は、互いに深い相関関係を有しているため、コンピュータによる一般的な多変量解析が困難である。

【0007】一方、生産性（納期、生産量等）は、製造装置の稼動状況や管理者の判断や指示によって大きく変動する性質があり、かつ、その管理項目の多さと変化の大きさなどを考慮して生産性への影響を論理的に定義するのは非常に困難である。例えば、トラブル等により複数の製造装置が停止した場合、どの装置から対処すべきなのか、緊急度はどの程度なのかという生産性悪化への危険度を正確に見極めることは非常に難しいといえる。

【0008】本発明の目的は、製造工程全体の異常度判断、異常管理項目および異常装置の特定、さらに、トラブル時に対処すべき装置の優先度や生産性に影響を及ぼす危険度レベルを正確に判断することができる管理方法および管理システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の管理方法は、複数の工程を含む製造工程の正常状態下における複数の製造管理パラメータのデータをサンプリングして第1のサンプリングデータを準備し、第1のサンプリングデータに基づいて複数の製造管理パラメータのマハラノビス空間を作成し、製造工程の稼動時における複数の製造管理パラメータのデータを所定の周期でサンプリングして第2のサンプリングデータを準備し、マハラノビス空間および第2のサンプリングデータからマハラノビス距離を算出し、マハラノビス距離と所定値とを比較することにより、製造工程が異常状態であるか否かを判定することを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】第1の実施形態

図1は、本発明の第1の実施形態の管理システムを示す

説明図である。本発明の管理システム 20 は、ホストコンピュータ 1、LAN 14、工場用のサーバ 4 により構成されている。ホストコンピュータ 1 は、端末 2 a、2 b から入力される仕掛かり情報や搬送情報、製造装置 3 a、3 b から入力される装置情報等のデータを蓄えるデータベース (DB) として機能している。工場用のサーバ 4 は、演算部 9、記憶部 10、比較部 11、入力部 12 および出力部 13 を備えている。また、管理システム 20 は、LAN 14 を用いたネットワークによりホストコンピュータ 1 と接続されている。

【0011】工場用のサーバ 4 は、ホストコンピュータ 1 内のデータベースにアクセスし、エリア別あるいは区間別仕掛け量の推移、工程別累積処理量の推移、エリア別あるいは区間別フローファクター (FF: Flow-Factor) の推移に関わる帳票 8 を出力する。帳票 8 には、仕掛け量、累積処理量およびフローファクターに関するデータが出力されている。図 1 では、仕掛け量の推移をあらわすグラフ 5、累積処理量の推移をあらわすグラフ 6 および FF の推移をあらわすグラフ 7 をそれぞれ示している。仕掛け量の推移をあらわすグラフ 5 は、エリア別あるいは区間別の仕掛けと時間との関係を示している。累積処理量の推移をあらわすグラフ 6 は、工程別の累積処理量と時間との関係を示している。FF の推移をあらわすグラフ 7 は、エリア別あるいは区間別のフローファクターと時間との関係を示している。

【0012】本発明は、各グラフ 5、6、7 や帳票 8 に *

$$y'_{k \cdot j} = (y'_{k \cdot j} - m_k) / \sigma_k \quad \dots \dots (1)$$

図 5 は、基準化データ群に基づいて求められた相関行列 R を示す説明図である。図 6 は、相関行列 R の行列要素 $r_{i \cdot j}$ の算出式である。図 7 は、相関空間 R の逆行列 A を示す説明図である。図 8 は、マハラノビス距離 D^2 を求めるための算出式である。相関行列 R の行列要素 $r_{i \cdot j}$ および $r_{j \cdot i}$ ($i, j = 1 \sim P$) は、図 6 に示す式 (2) により、基準化データ群の各データ $y_{i \cdot j}$ および $y_{j \cdot i}$ の関数から求められる。そして、相関行列 R から相関行列 R の逆行列 A、すなわち、マハラノビス空間 A (基礎空間 A) を求めることができる。マハラノビス空間を求めるための全ての演算処理は、工場用のサーバ 4 内の演算部 9 で行われる。マハラノビス空間 A である逆行列 A の各行列要素 $a_{i \cdot j}$ ($i, j = 1 \sim P$) は、工場用のサーバ 4 内の記憶部 10 に格納される。

【0017】マハラノビス空間 A を得た後、工場用のサーバ 4 は、ホストコンピュータ 1 のデータベースから所定の周期でパラメータデータのサンプリングを行う。サンプリングにより得られたサンプリングデータ $y'_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y'_{i \cdot p}$ に対して、式 (1) を用いて基準化処理を行い、図示しない基準化データ $y_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y_{i \cdot p}$ を求める。これらのサンプリングデータ $y'_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y'_{i \cdot p}$ および基準化データ $y_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y_{i \cdot p}$ は、随時、工場用のサーバ

* 示された多数の製造管理パラメータデータを用い、予め作成した 1 つまたは複数のマハラノビス空間 (基礎空間) からの距離として表現することにより、生産状態が正常状態であるか否かを判定することを可能とする。

【0013】次に、管理方法について説明する。図 2 は、製造管理パラメータデータ群を示す説明図である。パラメータデータ Y_k は P 個存在し、全 n 行からなる各行のデータはある時点、すなわち、同じ時刻を示している。パラメータデータ Y_k は、一定時間毎に工場用のサーバ 4 がホストコンピュータ 1 から収集しており、これらがサンプリングデータとなる。また、総サンプリングデータ数は $P \times n$ 個であり、それぞれのサンプリングデータは $y'_{i \cdot j}$ と表記される。

【0014】マハラノビス距離を算出する際は、まずマハラノビス空間 (基礎空間) A を作成しなければならない。本実施形態では、サンプリングデータ $y'_{i \cdot j}$ はすべて正常なデータであると仮定する。

【0015】図 3 は、サンプリングデータ、パラメータデータの平均値および標準偏差とからなる測定データ群を示す説明図である。図 4 は、測定データ群を式 (1) を用いて基準化した基準化データ群を示す説明図である。パラメータデータ Y_k の n 個の平均値が m_k 、標準偏差が σ_k である。測定したサンプリングデータ ($y'_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y'_{i \cdot k \cdot j}$ 、 \dots 、 $y'_{i \cdot p \cdot n}$) は、以下に示す式 (1) により基準化されている。

【0016】

$$y'_{k \cdot j} = (y'_{k \cdot j} - m_k) / \sigma_k \quad \dots \dots (1)$$

4 内の記憶部 10 に格納されるとともに、各種グラフ 5、6、7 や帳票 8 として出力される。

【0018】続いて、演算部 9 において、図 8 に示す式 (3) によりマハラノビス距離 D^2 を求める。マハラノビス距離 D^2 は、工場用のサーバ 4 内の記憶部 10 に格納されるとともに、各種グラフ 5、6、7 や帳票 8 として出力される。ここで、式 (3) における $y_{i \cdot j}$ と $y_{j \cdot i}$ は、サンプリングデータ $y'_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y'_{i \cdot p}$ の基準化データ $y_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y_{i \cdot p}$ から求められる。また、 $a_{i \cdot j}$ は、マハラノビス空間 A の行列要素である。

【0019】マハラノビス距離 D^2 は、基準化データ $y_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y_{i \cdot p}$ とマハラノビス空間 A を求める根拠となった基準データ群 $y_{i \cdot 1}$ 、 \dots 、 $y_{i \cdot p \cdot n}$ との類似性が高い程、1 に近い値を示す。すなわち、マハラノビス空間 A が正常な生産状況下でのデータ群に基づいて作成されている限り、マハラノビス距離 D^2 が 1 に近いほど正常な生産状態に近いことを意味する。反対に、マハラノビス距離 D^2 が 1 から離れるほど正常な生産状態から遠ざかることを意味する。

【0020】したがって、マハラノビス距離 D^2 が予め設定された閾値を超えたか否かを比較部 11 で判定することにより、生産状況が正常な状態であるか否かを判定することができる。閾値は、必要な管理の厳密度合いに

よって適宜変更可能である。

【0021】本発明の第1の実施形態によれば、ホストコンピュータ1のデータベースから製造管理パラメータデータを一定周期毎にサンプリングし、サンプリングしたデータを利用して生産状況が正常な状態であるか否かを逐次判定することができる。この結果、製造工場における生産状況を効率良く管理することができる。

【0022】第2の実施形態

第1の実施形態では、正常な生産状況に基づいたサンプリングパラメータデータからマハラノビス空間Aを作成した。それに対して、第2の実施形態の特徴は、理想値に基づいた乱数である製造管理パラメータデータからマハラノビス空間（基礎空間）を作成することにある。そして、生産状態が理想状態に近いかな否かを判定することが可能となる。

【0023】図9は、予め設定された各製造管理パラメータデータの理想値 I_k 、理想値 I_k の上限値 U_k および下限値 L_k を示す説明図である。理想値 I_k 、理想上限値 U_k および下限値 L_k は任意に設定され、 $L_k \leq I_k \leq U_k$ の関係を満たしている。

【0024】図10は、理想値 I_k 、理想上限値 U_k および下限値 L_k に基づいて作成された乱数の基礎データ群を示す説明図である。データ形式は、図2と同じ形式を用いている。マハラノビス空間（基礎空間）Aとして用いられる任意のデータ $Y'_{k \dots}$ は、 $L_k \leq Y'_{k \dots} \leq U_k$ を満たす乱数で設定される。マハラノビス空間（基礎空間）Aを理想値に基づいた乱数によって作成する以外、システム構成およびそれを用いた管理方法は第1の実施形態と同様である。

【0025】図11は、時間の経過に伴う生産状況の変化をマハラノビス距離の推移で示した説明図である。算出されたマハラノビス距離 D^2 と予め設定されたそれぞれの閾値の範囲と照合することにより、現在の生産状況が正常状態、警戒状態あるいは異常状態のいずれの状態であるかを判定することが可能である。

【0026】本発明の第2の実施形態によれば、ホストコンピュータ1のデータベースから一定周期毎にサンプリングされる製造管理パラメータデータと理想値の許容範囲内で発生させた乱数に基づいて作成された基礎空間（所謂、理想空間）との乖離度（マハラノビス距離）を利用して生産状況が理想状態に近い状態であるか否かを逐次判定することができる。この結果、製造工場における生産状況を効率良く管理することができる。

【0027】第3の実施形態

先に紹介した第1、第2の実施形態は、製造工程全体の生産状況が正常であるか否かを判定するものであった。第3の実施形態では、生産状況が異常と判定された場合、異常な工程や異常な製造装置を特定し抽出することを特徴としている。

【0028】図12は、サンプリングされた製造管理パ

ラメータデータの基準化データの一例、異常なパラメータの抽出例および異常なパラメータのグラフの出力例を示す説明図である。

【0029】サンプリングされた生産管理パラメータデータ $(y'_1, \dots, y'_k, \dots, y'_n)$ を基準化した基準化データは、管理システム20の記憶部10に保存されている。これら基準化データ値Bの絶対値 $|B|$ がより大きいほど、マハラノビス空間（基礎空間）Aからの乖離度（マハラノビス距離）が大きいということが判断できる。マハラノビス距離 D^2 は、一定周期毎にホストコンピュータ1のデータベースからサンプリングされる製造管理パラメータデータに基づいて随時算出することが可能である。

【0030】マハラノビス距離 D^2 が予め設定された値と比べて異常と判断された場合、異常パラメータデータ群が抽出される。マハラノビス距離 D^2 の算出後、複数の製造管理パラメータ毎にマハラノビス空間（基礎空間）Aの基準化データの平均値に対する変位量を算出する。これら変位量から、各製造工程の異常状態に対する影響度を判定することができる。異常パラメータデータ群は、異常度が高い順に整列される。図12にそのサンプルが示されている。

【0031】次に、基準化データの異常度の判断基準について説明する。上述した通り、基準化データ値Bは測定値から平均値を引いた後、標準偏差 σ_k で割り算して求めた値である。したがって、基準化データBの絶対値 $|B|$ が「1」であるということは、1シグマ分のバラツキがあるということの意味する。同様に、基準化データBの絶対値 $|B|$ が「2」であるということは、2シグマ分のバラツキがあるということの意味する。基準化データBの絶対値 $|B|$ が「3」であるということは、3シグマ分のバラツキがあるということの意味する。

【0032】このとき、基準化データBの絶対値 $|B|$ が「1」以内であれば、生産状況に特に支障を来たさないと判断できる。一方、基準化データBの絶対値 $|B|$ が「2～3」以上になると、異常度は極めて高いと判断される。ただし、このような定義が成立するのは、マハラノビス空間（基礎空間）Aを正常な生産状況下におけるデータ群に基づいて作成した場合である。製造管理パラメータデータの理想値に基づいてマハラノビス空間（基礎空間）Aを作成した場合は、基準化データ値Bを相対的に比較し、その大小を判断する必要がある。

【0033】さらに、異常なパラメータは、各パラメータのグラフや帳票にリンクさせ出力することが可能である。図12にそのサンプルが示されている。また、図示しないが、予め関連付けを設定しておいた各種パラメータのグラフや帳票をリンクさせることも可能である。

【0034】本発明の第3の実施形態によれば、熟練の管理者でなくても異常な工程や装置を即座に発見し対処することができる。したがって、製造工場における生産

状況の悪化を最小限に留めることができる。

【0035】第4の実施形態

マハラノビス距離は、個々のパラメータ間の相関関係も考慮したものである。したがって、マハラノビス距離への影響度は、個々のパラメータの乖離度だけでなく、個々のパラメータ間の相関関係の異常度についても考慮することが望ましい。製造工程において異常が発生すると、マハラノビス距離が大きくなる。この異常時のマハラノビス距離 MD_{ab} がどのパラメータの影響により大きくなったかを調べる必要がある。本実施形態では、個々のパラメータのマハラノビス距離への影響度の算出、特に、マハラノビス距離に対する個々のパラメータ間の相関関係の異常度の算出方法について説明する。

【0036】製造管理パラメータを q 個とし、異常時に測定されたサンプリングデータ($y'_1, \dots, y'_k, \dots, y'_p$)の中から、 qCn ($n=1, 2, \dots$)の組合せで n 個のパラメータデータ Y_k を抽出する。 $n=1$ のときの組合せは P 通り、一方、 $n=2$ のとき組合せは $P \times (P-1)/2$ 通り(以下、 X 通り)である。

【0037】 $n=2$ の場合であれば、 X 通り抽出した2個のパラメータデータ Y_k (k は、 $1 \sim P$ の任意の2つ)をマハラノビス空間(基礎空間) A における平均値 m_k 、あるいは理想値 l_k に変換する。ここで、平均値 m_k および理想値 l_k は、先に説明したものと同一であるため、その詳細な説明は省略する。そして、 X 個のマハラノビス距離 MD_j を改めて算出する。

【0038】改めて算出された、 X 個のマハラノビス距離 MD_j と異常時のマハラノビス距離 MD_{ab} との乖離度が最も大きい組合せが、最もマハラノビス距離を悪化させているパラメータであると判断することができる。すなわち、生産状況を最も悪化させている異常なパラメータを特定し抽出することができる。

【0039】図13は、 $k=1$ の組合せを用いたパラメータのマハラノビス距離への影響度の算出例を示す説明図である。パラメータ Y_1 の異常によりマハラノビス距離 MD_1 が悪化したと仮定した場合、サンプリングデータ y_1 をマハラノビス空間(基礎空間) A の平均値 m_1 とする。そのとき、改めて算出されたマハラノビス距離 MD_1 は極端に小さくなる。このとき、他のパラメータ $Y_2 \sim Y_P$ は元々正常な状態であるため、改めて算出された $MD_2 \sim MD_P$ はほとんど変化しない。 P 通りの組合せのパラメータのマハラノビス距離への影響度は、マハラノビス距離 MD_j と異常時のマハラノビス距離 MD_{ab} との乖離度 $MD_{ab} - MD_j$ で表すことができる。そして、乖離度 $MD_{ab} - MD_j$ が大きいパラメータ

重み \times (仕掛け目標-仕掛け実績) / (仕掛け目標-仕掛け下限) \dots (4)

図18は、生産影響度を考慮した危険度レベルの他の出力例を示す説明図である。区間における処理中のウェハロット数(IPW : In-Process Wafer)を考慮したものである。 IPW は、製造装置の稼働量を示していると理

* 程、マハラノビス距離への影響度が高いパラメータであるといえる。

【0040】図14は、 $k=2$ の組合せを用いたパラメータのマハラノビス距離への影響度の算出例を示す説明図である。 X 通りの組合せのパラメータのマハラノビス距離への影響度が示されている。1つのパラメータだけでなく複数のパラメータの変動を考慮することは、互いに相関関係を持つ複数のパラメータ間の異常に起因したマハラノビス距離の変化を特定し抽出することを可能にする。

【0041】図15は、対処すべき製造工程の優先順位を示した出力例を示す説明図である。それぞれの製造管理パラメータが同等の優先順位を持つ例として、図13と図14に基づき作成されている。図示しないが、製造管理パラメータに絶対優先順位を設けることも可能である。

【0042】本発明の第4の実施形態によれば、マハラノビス距離の算出に用いた複数のパラメータから、任意の組み合わせによるパラメータ(組合せパラメータ)を抽出し、この組み合わせパラメータを基礎空間における平均値あるいは理想値に変換し、再度、マハラノビス距離を求める。そして、異常時のマハラノビス距離に対する改めて算出されたマハラノビス距離の変位量から複数のパラメータの中で最も悪影響を与えているパラメータを特定し抽出することができる。

【0043】第5の実施形態

図16は、ウェハプロセスの投入(Start)から出来(End)までの全工程フローを分類した区間と各製造装置との関係を示す説明図である。区間の区切りの工程は、工場用のサーバ4の記憶部10に保存されている。生産ラインでは、多数かつ多種の工程フローが存在するため、全工程フローに共通の工程を可能な限り選択する。共通工程がない場合は、共通工程に近い工程を選択する。次に、生産ラインの各装置がどの区間に属するかを登録する。ホストコンピュータ1のデータベースから装置情報を取得し工場用のサーバ4の記憶部10に登録する。あるいは、工場用サーバ4の入力部12から記憶部10内へ登録することも可能である。

【0044】図17は、生産影響度を考慮した危険度レベルの出力例を示す説明図である。危険度レベルは、6段階に分類されるとともに、仕掛けの下限、仕掛けの目標、区間の重み付けから算出した危険ポイントにより決定される。危険ポイントは、次の式により求められる。

【0045】

解することができる。危険度レベルは、6段階に分類されるとともに、 IPW の下限、 IPW の目標、区間の重み付けから算出した危険ポイントにより決定される。危険ポイントの算出は、上述した式(4)を準用する。

【0046】図17および図18に示した危険度レベルの出力は、個々の製造装置とリンクしている。また、個々の製造装置がどの区間に属しているかをイントラネットを利用してネットワークを構築することが可能である。

【0047】生産の各パラメータである、仕掛け量(WIP: Work In Progress)、日々の処理量(DGR: Dairy Going Rate)、サイクルタイム(CT: Cycle-Time)、フローファクター(FF: Flow-Factor)、装置の処理時間(RPT: Raw Process Time)は、互いに様々な関係式を保っている。したがって、図17および図18に例示したように、各種パラメータ(仕掛け、稼働状況、工程の重み、設備不可のデータ等)を個々に、あるいは組合せて優先順位を決定することができる。

【0048】本発明の第5の実施形態によれば、ホストコンピュータのデータベースから一定間隔でサンプリングされる生産データ値と、予め設定された設定値(例えば、下限仕掛け、目標仕掛け、重み)を用いて、それぞれの製造装置がどの程度生産性を悪化させているかを危険度レベルで逐次判定することができる。その結果、複数の製造装置にトラブルが発生した場合であっても、対処の優先度や緊急度の判定、生産の改善状況を判断することが可能となる。

【0049】第6の実施形態

図19は、時刻とフローファクターの関係を示す時計型のFFアナライザチャートである。15分毎にフローファクター(FF)をモニタリングし、時計型の円形グラフを工場用のサーバ4の出力部13に出力する。FFは、ホストコンピュータ1のデータベースから短周期にかつ容易に収集可能な仕掛け量(WIP)と処理中のウェハロット数(IPW)から、 $FF = WIP / IPW$ で求められる。WIPとIPWは、次に示す項目(区間、エリア、工程、装置)毎に収集され、それぞれの場合に対してFFが算出されている。なお、IPWは、装置稼働量を示していると理解できる。

【0050】a. 全区間

b. 6区間毎(任意で設定可能)

c. エリア毎(エッチング、ホトリソグラフィ、スパッタリング、…)

d. 工程毎(アクティブ-エッチング、配線-スパッタリング、…)

e. 製造装置群毎(AAAA、KKKK、SSSS、…)

f. 製造装置毎(AAAA01、KKKK09、SSSS05、…)

一般的に、FFが小さいほど生産スピードが速い。しかしながら、WIPとIPWがともに減少した場合、FFは変化しない。すなわち、仕掛け量(WIP)と装置稼働量(IPW)とが、ともに減少した状況を把握することが難しい。

【0051】図20(a)および図20(b)は、時刻と仕掛け量および装置稼働量を同時認識可能なWIP-IPWアナライザチャートである。特に、図20(b)は、FF異常時における、WIP-IPWアナライザチャートである。図20(a)や図20(b)に例示したアナライザチャートを工場用のサーバ4の出力部13に出力することにより、各製造装置の異常状態(停止状態)を適切に判断することが可能である。

【0052】本発明の第6の実施形態によれば、一定の周期毎にサンプリングされるWIPとIPWとからFFを算出し、イントラネット(WEB)を介してタイムリーに工場用のサーバ4に出力することできるので、製造装置や工程の稼働状況を迅速に判断し、対処することが可能となる。

【0053】各実施形態では、半導体製造工程のウエハプロセスに適用した例を説明したが、これに限定されず、各種製造工程にも適用可能であることは言うまでもない。

【0054】

【発明の効果】本発明の製造工程のための管理方法によれば、複数のパラメータデータの集合体から導き出される相関行列の逆行列で表現するため、各パラメータデータが単独に取り扱われることはなく、パラメータデータ相互間の相関関係が考慮されるマハラノビス空間に基づいて生産状態が正常であるか否かが判定される。したがって、パラメータデータ相互間の相関関係が考慮されない従来方法では得られない精度の高さで製造工程を管理することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】管理システムを示す説明図である。

【図2】製造管理パラメータデータ群を示す説明図である。

【図3】測定データ群を示す説明図である。

【図4】基準化データ群を示す説明図である。

【図5】基準化データ群に基づいて求められた相関行列Rを示す説明図である。

【図6】相関行列Rの行列要素 r_{ij} を求めるための算出式である。

【図7】相関空間Rの逆行列Aを示す説明図である。

【図8】マハラノビス距離 D^2 を求めるための算出式である。

【図9】予め設定された各製造管理パラメータデータの理想値 I_k 、理想値 I_k の上限値 U_k および下限値 L_k を示す説明図である。

【図10】理想値 I_k 、理想上限値 U_k および下限値 L_k に基づいて作成された乱数の基礎データ群を示す説明図である。

【図11】時間の経過に伴う生産状況の変化をマハラノビス距離の推移で示した説明図である。

【図12】サンプリングされた製造管理パラメータデー

タの基準化データの一例、異常なパラメータの抽出例および異常なパラメータのグラフの出力例を示す説明図である。

【図13】 $k=1$ の組合せを用いたパラメータのマハラノビス距離への影響度の算出例を示す説明図である。

【図14】 $k=2$ の組合せを用いたパラメータのマハラノビス距離への影響度の算出例を示す説明図である。

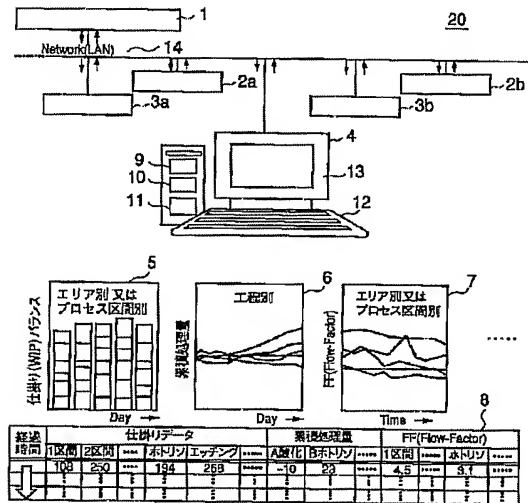
【図15】対処すべき製造工程の優先順位を示した出力例を示す説明図である。

【図16】ウェアプロセスの投入(Start)から出来(End)までの全工程フローを分類した区間と各製造装置との関係を示す説明図である。

【図17】生産影響度を考慮した危険度レベルの出力例を示す説明図である。

【図18】生産影響度を考慮した危険度レベルの他の出力例を示す説明図である。

【図1】



【図3】

No	Y_1	....	Y_k	....	Y_P
1	$Y'_{1 \cdot 1}$	....	$Y'_{k \cdot 1}$	....	$Y'_{P \cdot 1}$
2	$Y'_{1 \cdot 2}$	....	$Y'_{k \cdot 2}$	....	$Y'_{P \cdot 2}$
3	$Y'_{1 \cdot 3}$	....	$Y'_{k \cdot 3}$	....	$Y'_{P \cdot 3}$
...
i	$Y'_{1 \cdot i}$	....	$Y'_{k \cdot i}$	....	$Y'_{P \cdot i}$
j	$Y'_{1 \cdot j}$	....	$Y'_{k \cdot j}$	....	$Y'_{P \cdot j}$
...
n	$Y'_{1 \cdot n}$	....	$Y'_{k \cdot n}$	....	$Y'_{P \cdot n}$
m	m_1	....	m_k	....	m_P
σ	σ_1	....	σ_k	....	σ_P

【図6】

$$\eta_{ij} = \eta_{ji} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_{i \cdot k} \cdot Y_{j \cdot k} \quad \dots (2)$$

【図15】

【図2】

No	1区間 仕掛け	....	4区間 FF	....	4スバクタ 処理実績	Y_1	....	Y_k	....	Y_P
1	132	....	4.2	....	26	$Y'_{1 \cdot 1}$	....	$Y'_{k \cdot 1}$	....	$Y'_{P \cdot 1}$
2	118	....	3.7	....	31	$Y'_{1 \cdot 2}$	....	$Y'_{k \cdot 2}$	....	$Y'_{P \cdot 2}$
3	129	....	5.2	....	29	$Y'_{1 \cdot 3}$	....	$Y'_{k \cdot 3}$	....	$Y'_{P \cdot 3}$
...
i	$Y'_{1 \cdot i}$	....	$Y'_{k \cdot i}$	....	$Y'_{P \cdot i}$	...	...	...	...	...
j	$Y'_{1 \cdot j}$	....	$Y'_{k \cdot j}$	....	$Y'_{P \cdot j}$	...	...	...	...	...
...
n	112	....	4.6	....	28	$Y'_{1 \cdot n}$	....	$Y'_{k \cdot n}$	....	$Y'_{P \cdot n}$

優先順位	k=1の場合	k=2の場合
1	Y_8	Y_8
2	Y_2	Y_8
3	Y_{14}	Y_2
...
P	Y_7	Y_{12}
...
X	---	Y_7

対処優先パラメータ選択

*【図19】時刻とフローファクターの関係を示す時計型のFFアナライザチャートである。

【図20】時刻と仕掛け量および装置稼働量を同時認識可能なWIP-IPWアナライザチャートである。

【符号の説明】

1	ホストコンピュータ
2 a、2 b	端末
3 a、3 b	製造装置
4	工場用のサーバ
10	記憶部
11	比較部
12	入力部
13	出力部
14	LAN (Local Area Network)
* 20	管理システム

【図4】

Y_1	....	Y_k	....	Y_P
$y_{1 \cdot 1}$	....	$y_{k \cdot 1}$	....	$y_{P \cdot 1}$
$y_{1 \cdot 2}$	....	$y_{k \cdot 2}$	....	$y_{P \cdot 2}$
$y_{1 \cdot 3}$	....	$y_{k \cdot 3}$	....	$y_{P \cdot 3}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	$y_{1 \cdot j}$	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$y_{1 \cdot n}$	....	$y_{k \cdot n}$	....	$y_{P \cdot n}$

【図5】

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{1 \cdot 2} & \cdot & \cdot & \cdot & r_{1 \cdot P} \\ r_{2 \cdot 1} & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & r_{2 \cdot P} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & r_{i \cdot j} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ r_{P \cdot 1} & r_{P \cdot 2} & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix}$$

相関行列「R」($i, j = 1 \sim P$)

【図7】

$$A = R^{-1} = \begin{bmatrix} a_{1 \cdot 1} & a_{1 \cdot 2} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1 \cdot P} \\ a_{2 \cdot 1} & a_{2 \cdot 2} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{2 \cdot P} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & a_{i \cdot j} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{P \cdot 1} & a_{P \cdot 2} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{P \cdot P} \end{bmatrix}$$

相関行列「R」の逆行列「A」($i, j = 1 \sim P$)

【図8】

$$D^2 = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P a_{i \cdot j} y_i y_j \quad \cdots (3)$$

マハラノビス(平方)距離 D^2

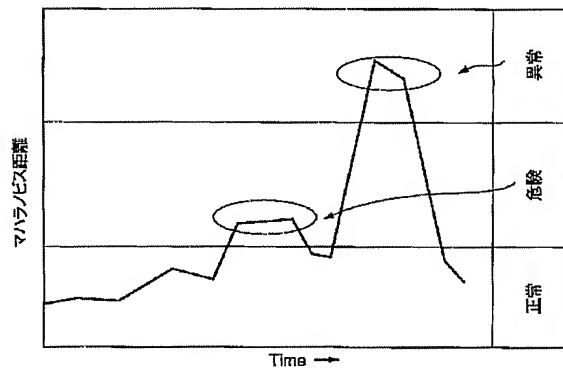
【図10】

項目	Y_1	....	Y_k	....	Y_P
上限～下限	$L_1 \sim U_1$	....	$L_k \sim U_k$	....	$L_P \sim U_P$
1	$y'_{1 \cdot 1}$	....	$y'_{k \cdot 1}$	....	$y'_{P \cdot 1}$
2	$y'_{1 \cdot 2}$	....	$y'_{k \cdot 2}$	....	$y'_{P \cdot 2}$
3	$y'_{1 \cdot 3}$	....	$y'_{k \cdot 3}$	....	$y'_{P \cdot 3}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	$y'_{1 \cdot j}$	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
n	$y'_{1 \cdot n}$	....	$y'_{k \cdot n}$	....	$y'_{P \cdot n}$

【図9】

項目	Y_1	....	Y_k	....	Y_P
理想値	I_1	....	I_k	....	I_P
理想上限値	U_1	....	U_k	....	U_P
理想下限値	L_1	....	L_k	....	L_P

【図11】



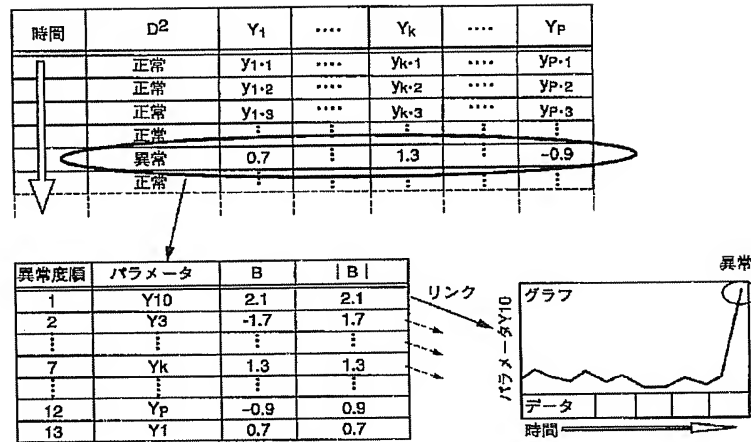
マハラノビス距離の変化

【図16】

区間	装置群
区間.1	装置.A, 装置.E, 装置.G,
区間.2	装置.D, 装置.T, 装置.V,
区間.3	装置.B, 装置.D, 装置.T,
\vdots	\vdots
区間.13	装置.A, 装置.T, 装置.Z,

区間と装置の関連付け

【図 12】



【図 13】

パラメータ	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	.....	Y _P	マハラノビス距離	MD _{ab} -MD _j
異常時データ	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	.....	y _P	MD _{ab}	-----
組合せ.0.1	m ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	.....	y _P	MD ₁	MD _{ab} -MD ₁
組合せ.0.2	y ₁	m ₂	y ₃	y ₄	y ₅	.....	y _P	MD ₂	MD _{ab} -MD ₂
組合せ.0.3	y ₁	y ₂	m ₃	y ₄	y ₅	.....	y _P	MD ₃	MD _{ab} -MD ₃
組合せ.0.4	y ₁	y ₂	y ₃	m ₄	y ₅	.....	y _P	MD ₄	MD _{ab} -MD ₄
組合せ.0.5	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	m ₅	.....	y _P	MD ₅	MD _{ab} -MD ₅
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
組合せ.P	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	.....	m _P	MD _P	MD _{ab} -MD _P

K=1の時の組合せによる基礎空間平均値mの置換例

【図 14】

パラメータ	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	.....	Y _P	マハラノビス距離	MD _{ab} -MD _j
異常時データ	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	.....	y _x	MD _{ab}	-----
組合せ.0.1	m ₁	m ₂	y ₃	y ₄	y ₅	.....	y _x	MD ₁	MD _{ab} -MD ₁
組合せ.0.2	m ₁	y ₂	m ₃	y ₄	y ₅	.....	y _x	MD ₂	MD _{ab} -MD ₂
組合せ.0.3	m ₁	y ₂	y ₃	m ₄	y ₅	.....	y _x	MD ₃	MD _{ab} -MD ₃
組合せ.0.4	m ₁	y ₂	y ₃	y ₄	m ₅	.....	y _x	MD ₄	MD _{ab} -MD ₄
組合せ.0.5	y ₁	m ₂	m ₃	y ₄	y ₅	.....	y _x	MD ₅	MD _{ab} -MD ₅
組合せ.0.6	y ₁	m ₂	y ₃	m ₄	y ₅	.....	y _x	MD ₆	MD _{ab} -MD ₆
組合せ.0.7	y ₁	m ₂	y ₃	y ₄	m ₅	.....	y _x	MD ₇	MD _{ab} -MD ₇
組合せ.0.8	y ₁	y ₂	m ₃	m ₄	y ₅	.....	y _x	MD ₈	MD _{ab} -MD ₈
組合せ.0.9	y ₁	y ₂	m ₃	y ₄	m ₅	.....	y _x	MD ₉	MD _{ab} -MD ₉
組合せ.1.0	y ₁	y ₂	y ₃	m ₄	m ₅	.....	y _x	MD ₁₀	MD _{ab} -MD ₁₀
組合せ.1.1	y ₁	m ₂	y ₃	y ₄	y ₅	.....	m _x	MD ₁₁	MD _{ab} -MD ₁₁
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
組合せ.P	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	m ₅	.....	m _x	MD _x	MD _{ab} -MD _x

K=2の時の組合せによる基礎空間平均値mの置換例

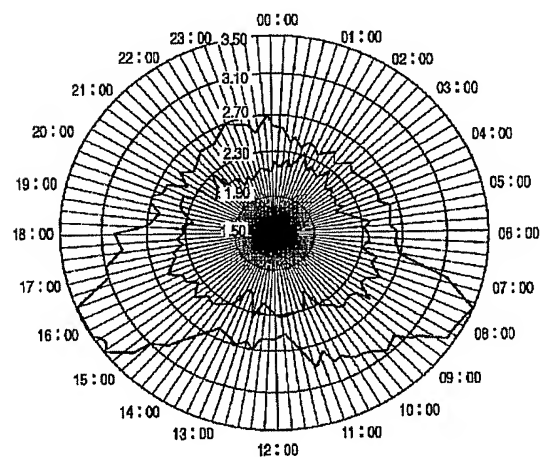
【図17】

工程	区間	下限仕掛け	目標仕掛け	重み	実績仕掛け	危険度点数	危険レベル
投入 ↓ 出来	区間.1	53	58	1	52	1.1	レベル1
	区間.2	60	66	2	63	1.1	レベル1
	区間.3	75	82	3	74	3.5	レベル2
	区間.3	83	91	4	88	1.6	レベル1
	区間.5	54	59	5	57	2.1	レベル1
	区間.6	75	82	6	78	3.4	レベル2
	区間.7	69	76	7	69	7.0	レベル3
	区間.8	69	76	8	83	-8.8	レベル0
	区間.9	83	91	9	84	7.5	レベル4
	区間.10	72	79	10	73	8.6	レベル4
	区間.11	62	69	11	61	13.3	レベル5
	区間.12	60	88	12	88	-1.2	レベル0
	区間.13	78	85	13	78	12.2	レベル5

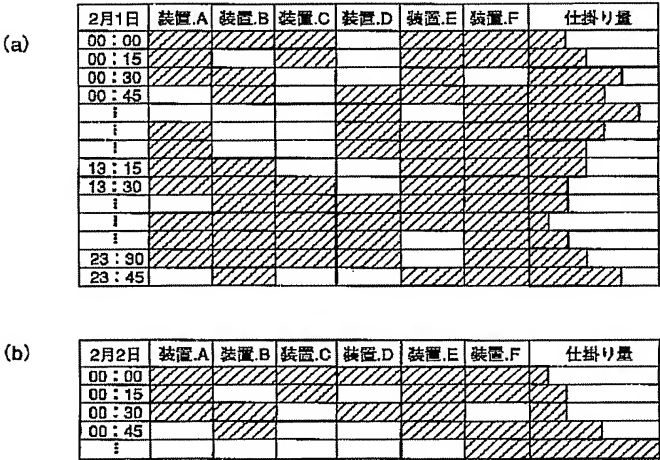
【図18】

工程	区間	下限IPW	目標IPW	重み	実績IPW	危険度点数	危険レベル
投入 ↓ 出来	区間.1	18	19	1	19	0.0	レベル1
	区間.2	20	22	2	21	0.8	レベル0
	区間.3	25	27	3	26	1.5	レベル1
	区間.3	28	30	4	32	-2.1	レベル0
	区間.5	18	20	5	19	0.9	レベル0
	区間.6	25	27	6	30	-5.6	レベル0
	区間.7	23	25	7	26	-2.5	レベル0
	区間.8	23	25	8	25	-0.1	レベル0
	区間.9	28	30	9	30	0.8	レベル0
	区間.10	24	26	10	25	4.1	レベル2
	区間.11	21	23	11	22	5.8	レベル3
	区間.12	27	29	12	29	0.5	レベル0
	区間.13	26	28	13	27	8.1	レベル4

【図19】



【図20】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3C100 AA29 AA56 BB33 BB40 CC02
CC08
5H223 AA05 AA15 CC08 CC09 DD09
EE06 EE30